

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 221 781 A2

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG = US Appl. 2002 0101944  
(your ref.: 267746)

(43) Veröffentlichungstag:

10.07.2002 Patentblatt 2002/28

(51) Int Cl.7: H04L 7/027, H04L 25/24

(21) Anmeldenummer: 01440423.0

(22) Anmeldetag: 19.12.2001

Eingang bei ZPL

16. JUL. 2002

Term.  
Bearb.

(84) Benannte Vertragsstaaten:

AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU  
MC NL PT SE TR

Benannte Erstreckungsstaaten:

AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:

- Schabel, Stefan  
89168 Niederstotzingen (DE)
- Lautenschläger, Wolfram, Dr.  
74343 Sachsenheim (DE)



(30) Priorität: 08.01.2001 DE 10100500

(71) Anmelder: ALCATEL

75008 Paris (FR)

(74) Vertreter: Rausch, Gabriele, Dr. et al  
AlcatelIntellectual Property Department, Stuttgart  
70430 Stuttgart (DE)

(54) Taktrückgewinnung

(57) Es wird ein Verfahren zur digitalen Nachrichtenübertragung angegeben, bei welchem die übertragenen Signale am Ende einer Übertragungsstrecke mittels einer Einrichtung zur Taktrückgewinnung abgetastet und anschließend weiterverarbeitet werden. Die Signale werden dabei einem Entscheider gleichzeitig über zwei getrennte Pfade, einen Verzögerungspfad und einen mit einem Filter ausgerüsteten Pfad, zugeführt. Als Filter wird ein breitbandiger Bandpaß mit einer relativen

Bandbreite von 0,2 % bis 0,4 % des Bittaktes der übertragenen Signale eingesetzt, dessen Einschwingzeit kleiner als die Zeit ist, um welche die Signale auf dem Verzögerungspfad verzögert werden, die ihrerseits kleiner als die Ausschwingzeit des Bandpasses ist. Dem Bandpaß wird ein die Amplitude der Ausgangsspannung desselben begrenzender Verstärker nachgeschaltet, durch welchen die Taktsignale auf den erforderlichen, konstanten Pegel gebracht werden.

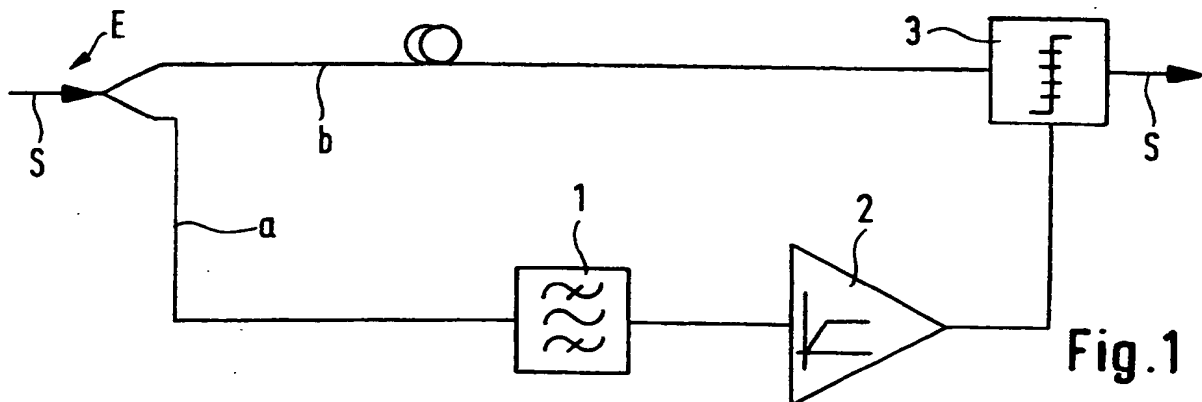


Fig. 1

BEST AVAILABLE COPY

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur digitalen Nachrichtenübertragung, bei welchem die übertragenen Signale am Ende einer Übertragungsstrecke mittels einer Einrichtung zur Taktrückgewinnung abgetastet und anschließend weiterverarbeitet werden und bei welchem die Signale einem Entscheider gleichzeitig über zwei getrennte Pfade, einen Verzögerungspfad und einen mit einem Filter ausgerüsteten Pfad, zugeführt werden (DE-Buch "Digitale und analoge Nachrichtenübertragung" von Erich Pehl, Verlag Hüthig, Heidelberg, 1998, Seiten 182, 183).

**[0002]** Bei der leitungsgebundenen sequentiellen Übertragung von digitalen Signalen muß der Empfängertakt - der lokale Takt - in Frequenz und Phase auf den Takt der ankommenden Signale eingeregelt werden. Das ist erforderlich, weil sich durch Variation der Übertragungsfunktion des Übertragungskanals nicht nur die Form der empfangenen Signale (Impulse) ändert, sondern weil sich auch die zeitliche Lage des jeweiligen Impulsmaximums verschiebt. Die gesamte Impulsformung wird außerdem durch Temperaturdrift und Toleranzen der in Sender und Empfänger eingesetzten Bauteile bzw. des als Übertragungsmedium eingesetzten Kabels beeinflußt. Sie ist somit zeitabhängig und einer gewissen Streuung unterworfen. Das Verhältnis von Nutzsignal zu Störsignal (Störabstand) und damit die erreichbare Bitfehlerhäufigkeit hängt wesentlich von den geschilderten Einflußgrößen ab. In allen Fällen muß sichergestellt sein, daß beim Abtasten der beim Empfänger ankommenden Signale noch eine weiterverarbeitende Größe gewonnen wird, die eine vorgegebene Grenze nicht überschreitende Bitfehlerhäufigkeit garantiert.

**[0003]** Entsprechend dem eingangs erwähnten DE-Buch von Erich Pehl kann der Takt beispielsweise aus einem kontinuierlichen Datensignal durch Einsatz eines schmalbandigen Filters zurückgewonnen werden. Bei einem anderen dieser Verfahren wird ein phasengeregelter Oszillator (PLL-Schaltung) eingesetzt. In paketvermittelten Netzen (Burstbetrieb) bei welchen die Daten zu Bursts komprimiert sind, liegen zwischen den Bursts datenfreie Pausen und die Bursts können von unterschiedlichen Sendern kommen. Sie können daher auch völlig unterschiedliche Phasenlagen haben. Die erwähnten Verfahren sind für die Taktrückgewinnung in Netzen mit Burstbetrieb zu langsam und daher nicht geeignet.

**[0004]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, das eingangs geschilderte Verfahren so weiterzubilden, daß es auch bei einer digitalen Nachrichtenübertragung mit Burstbetrieb eingesetzt werden kann.

**[0005]** Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung dadurch gelöst,

- daß als Filter ein breitbandiger Bandpaß mit einer relativen Bandbreite von 0,2 % bis 0,4 % des Bit-

taktes der übertragenen Signale eingesetzt wird, dessen Einschwingzeit kleiner als die  $Z$  ist, um welche die Signale auf dem Verzögerungspfad verzögert werden, die ihrerseits kleiner als die Ausschwingzeit des Bandpasses ist, und

- daß dem Bandpaß ein die Amplitude der Ausgangsspannung desselben begrenzender Verstärker nachgeschaltet wird, durch welchen die Taktsignale auf den erforderlichen, konstanten Pegel gebracht werden.

**[0006]** Das ankommende Signal wird bei diesem Verfahren wie bisher in zwei getrennte Pfade aufgespalten. In einem Pfad liegt der breitbandige Bandpaß, der die Taktschwingung aus dem Signalmisch ausfiltert. Das gefilterte Taktsignal wird anschließend durch den begrenzenden Verstärker aufbereitet. Die Einschwingzeit des Bandpasses ist am Burstanfang kleiner als seine Ausschwingzeit bzw. Haltezeit nach Burstende. Auf dem Verzögerungspfad werden die Signale um eine konstante Zeit verzögert, die kleiner als die Einschwingzeit des Bandpasses aber größer als dessen Ausschwingzeit ist. Am Entscheider steht unter diesen Bedingungen während der gesamten Burstdauer ein phasenrichtiges Taktsignal mit einwandfrei auswertbarem Pegel zur Verfügung.

**[0007]** In bevorzugter Ausführungsform wird als breitbandiger Bandpaß ein takt synchroner Bandpaß eingesetzt. Das zu filternde Signal wird in zwei Analogmultiplizierern einerseits mit dem lokalen Takt und andererseits mit dem um  $90^\circ$  verschobenen lokalen Takt multipliziert. Am Ausgang der Multiplizierer stehen Real- und Imaginärteil der komplexen Einhüllenden des Signals als zwei niederfrequente Signale zur Verfügung. Die beiden Hüllkurvensignale werden durch zwei identische Tiefpässe bandbegrenzt. An deren Ausgängen wird die nunmehr bandbegrenzte Hüllkurve erneut mit dem lokalen Takt bzw. dem um  $90^\circ$  verschobenen lokalen Takt multipliziert und zu einem Ausgangssignal addiert.

**[0008]** Das Verfahren nach der Erfindung wird anhand der Zeichnungen als Ausführungsbeispiel beschrieben.

**[0009]** Es zeigen:

Fig. 1 in schematischer Darstellung eine zu einem Empfänger bei der digitalen Nachrichtenübertragung gehörende Schaltung.

Fig. 2 eine gegenüber Fig. 1 ergänzte Ausführungsform.

Fig. 3 eine Einzelheit der Schaltung nach Fig. 1 oder 2 in vergrößerter Darstellung.

**[0010]** Am Eingang E eines Empfängers für Signale der digitalen Nachrichtenübertragung steht ein aus Bursts bestehender Signalstrom S an. Der Signalstrom S wird am Eingang E auf einen Pfad a und einen durch zwei Schleifen gekennzeichneten Verzögerungspfad b aufgeteilt. Im Pfad a sind ein breitbandiger Bandpaß 1

und ein begrenzender Verstärker 2 angeordnet. Der Verzögerungspfad b und der Ausgang d s Verstärkers 2 sind mit einem Entscheider 3 verbunden, an dessen Ausgang der regenerierte Signalstrom S zur Verfügung steht.

[0011] Die Bandbreite des Bandpasses 1 wird in Abhängigkeit vom Bittakt des zu empfangenden Signalstrom ausgewählt. Ein Maß dafür ist die Filtergüte Q, die zwischen 300 und 400 liegen soll. Das entspricht einer relativen Bandbreite von etwa 0,3 % des Bittaktes. Sie beträgt also bei einem Signalstrom mit einem Bittakt von 10 Gbit/s etwa 30 MHz. In diesem Sinne wird die Bandbreite des Bandpasses 1 so ausgewählt, daß sie zwischen 0,2 % und 0,4 % des Bittaktes des zum empfangenden Signalstroms liegt.

[0012] Sobald ein Burst des Signalstroms S am Bandpaß 1 ansteht, beginnt derselbe zu arbeiten. Er hat am Burstanfang eine Einschwingzeit TE, nach welcher vom Bandpaß 1 ein verwertbares Taktsignal geliefert wird. Das auf dem Verzögerungspfad b geführte Signal (Burst) wird um eine gegenüber der Einschwingzeit TE längere Zeit TV verzögert. Am Burstende hat der Bandpaß 1 eine Ausschwingzeit TA. Danach wird kein Taktsignal mehr geliefert. Erst beim Eintreffen des nächsten Bursts des Signalstroms S liefert der Bandpaß 1 - so wie beschrieben - wieder ein Taktsignal. Da das Signal auf dem Verzögerungspfad b um die Zeit TV verzögert wird, muß die Ausschwingzeit TA des Bandpasses 1 größer als die Zeit TV sein.

[0013] Um die angegebenen Zeiten im geschilderten Sinne -  $TE < TV < TA$  - realisieren zu können und um Auswirkungen von Amplitudenschwankungen der Spannung am Ausgang des Bandpasses 1 zu vermeiden, ist an denselben der begrenzende Verstärker 2 angeschlossen. Durch den Verstärker 2 wird das gefilterte, vom Bandpaß 1 gelieferte Taktsignal aufbereitet. Sein Schwellenwert wird in bevorzugter Ausführungsform so gewählt, daß die Begrenzung des Taktsignals bei weniger als  $\frac{1}{4}$  der Maximalamplitude am Ausgang des Bandpasses 1 einsetzt. Die Einschwingzeit TE des Bandpasses 1 wird dadurch wesentlich kürzer als dessen Ausschwingzeit TA eingestellt. Der Verstärker 2 hebt andererseits den Pegel des Taktsignals auf einen für die Weiterverarbeitung brauchbaren Wert an. Das Taktsignal wird vom Verstärker 2 dem Entscheider 3 aufgegeben, an dem wegen der Bedingung  $TE < TV < TA$  während der gesamten Länge des Bursts ein phasenrichtiges Taktsignal zur Verfügung steht.

[0014] Falls der empfangene Signalstrom beispielsweise mit einem NRZ-Code (Non Return to Zero) codiert ist, wird vor dem Bandpaß 1 ein Wandler 4 (Fig. 2) in den Pfad a eingeschaltet, durch welchen der NRZ-Code in ein RZ-Code umgewandelt wird. Die Taktfrequenz des Signalstroms wird dadurch als spektraler Anteil im Signalstrom reproduziert.

[0015] Um zu vermeiden, daß datenflußabhängige Takttausfälle auftreten, wird weiterhin zweckmäßig sichergestellt, daß die Ausschwingzeit TA länger ist, als

die maximal erlaubte bzw. zu erwartende Folge konstant 0 oder konstant 1 im Signalstrom. Das kann erreicht werden, wenn die Güte Q des Bandpasses 1 größer ist als:

$$Q = 2\pi N / \ln (U_{\max} / 2U_{\text{limit}}).$$

[0016] Darin sind:

- N die maximal zu erwartende Länge einer 0 oder 1 Folge
- $U_{\max}$  der Maximalpegel am Ausgang des Bandpasses 1 bei Anliegen einer 0101 Folge
- $U_{\text{limit}}$  die Begrenzungsspannung für Vollaussteuerung des Verstärkers 2.

[0017] Als Bandpaß 1 wird in bevorzugter Ausführungsform ein taktsynchroner Bandpaß eingesetzt, so wie er beispielsweise in Fig. 3 dargestellt ist:

Das zu filternde Signal wird in zwei analogen Multiplizierern 5 und 6 mit dem lokalen Takt t einerseits sowie dem um  $90^\circ$  verschobenen lokalen Takt t andererseits multipliziert. Am Ausgang der Multiplizierer 5 und 6 stehen Real- und Imaginärteil der komplexen Einhüllenden des Eingangssignals als zwei niederfrequente Signale zur Verfügung. Diese beiden Signale werden durch zwei identische Tiefpässe 7 und 8 bandbegrenzt. An deren Ausgängen werden die Signale in analogen Multiplizierern 9 und 10 erneut mit dem Takt t bzw. mit dem um  $90^\circ$  verschobenen Takt t multipliziert und in einem Summierer 11 zum Ausgangssignal addiert, das dem Verstärker 2 aufgegeben wird.

[0018] Dieser taktsynchrone Bandpaß verhält sich wie ein Bandpaß mit dem lokalen Takt t als Mittenfrequenz und einer Bandbreite gleich der Schnittfrequenz der beiden Tiefpässe 7 und 8. Obwohl das Ausgangssignal aus dem lokalen Takt t generiert wird, stimmt es in Frequenz und Phase mit dem Eingangssignal überein, wenn die Abweichung zwischen Eingangsfrequenz und lokaler Taktfrequenz innerhalb der eingestellten Bandbreite liegt.

[0019] Die Multiplizierer 5 und 6 bzw. 9 und 10 können durch schnelle Diodenmischer implementiert werden. Die Grenzfrequenz der niederfrequenten Signale fällt mit steigender Güte Q und ist mit schnellen Operationsverstärkern verarbeitbar.

[0020] Durch den zusätzlichen Einsatz von sample & hold-Gliedern kann die Bandbreite des Bandpasses 1 nach Fig. 3 verändert werden. Sie können gegebenenfalls in Übertragungsrichtung vor den Tiefpässen 7 und 8 angeordnet werden. Derartige sample & hold Glieder können eine relativ große Bandbreite am Burstanfang für schnelles Einschwingen (kurze Einschwingzeit TE) bewirken und danach durch Umschaltung auf geringe bzw. Null-Bandbreite für lange Ausschwingzeit TA sorgen. Es ergibt sich dann eine nur geringe Abhängigkeit des Taktsignals vom Signalinhalt.

# Patentansprüche

1. Verfahren zur digitalen Nachrichtenübertragung, bei welchem die übertragenen Signale am Ende einer Übertragungsstrecke mittels einer Einrichtung zur Taktrückgewinnung abgetastet und anschließend weiterverarbeitet werden und bei welchem die Signale einem Entscheider gleichzeitig über zwei getrennte Pfade, einen Verzögerungspfad und einen mit einem Filter ausgerüsteten Pfad, zugeführt werden,  
dadurch gekennzeichnet,  
  - daß als Filter ein breitbandiger Bandpaß (1) mit einer relativen Bandbreite von 0,2 % bis 0,4 % des Bittaktes der übertragenen Signale eingesetzt wird, dessen Einschwingzeit (TE) kleiner als die Zeit (TV) ist, um welche die Signale auf dem Verzögerungspfad (b) verzögert werden, die ihrerseits kleiner als die Ausschwingzeit (TA) des Bandpasses (1) ist, und
  - daß dem Bandpaß (1) ein die Amplitude der Ausgangsspannung desselben begrenzender Verstärker (2) nachgeschaltet wird, durch welchen die Taktsignale auf den erforderlichen, konstanten Pegel gebracht werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Bandpaß (1) mit einer relativen Bandbreite von 0,3 % des Bittaktes der übertragenen Signale verwendet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet,  
  - daß als Bandpaß (1) eine Schaltung mit zwei parallelen Pfaden verwendet wird, in denen jeweils ein identischer Tiefpaß (7,8) zwischen zwei analogen Multiplizierern (5,9;6,10) angeordnet ist, und
  - daß die Multiplizierer (6,10) des einen Pfades mit dem lokalen Takt (t) beaufschlagt werden, während die Multiplizierer (5,9) des anderen Pfades mit dem um 90° verschobenen lokalen Takt (t) beaufschlagt werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß in Übertragungsrichtung vor den Tiefpässen (7,8) jeweils ein sample & hold-Glied eingeschaltet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Codierung der Signale vor dem Bandpaß (1) gegebenenfalls von einem NRZ-Code in einen RZ-Code umgewandelt wird.

